

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Juni 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/47279 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04B 1/00**

[DE/DE]; Im Klostersgarten 5, 46539 Dinslaken (DE).
NEUBAUER, Andre [DE/DE]; Marienstr. 32, 47807
Krefeld (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/04613**

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Dezember 2001 (03.12.2001)

(74) **Anwalt: LANGE, Thomas**; Lambsdorff & Lange, Dingolfinger Strasse 6, 81673 München (DE).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** CN, JP, KR, US.

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

(30) Angaben zur Priorität:
100 60 425.0 5. Dezember 2000 (05.12.2000) **DE**

Veröffentlicht:
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

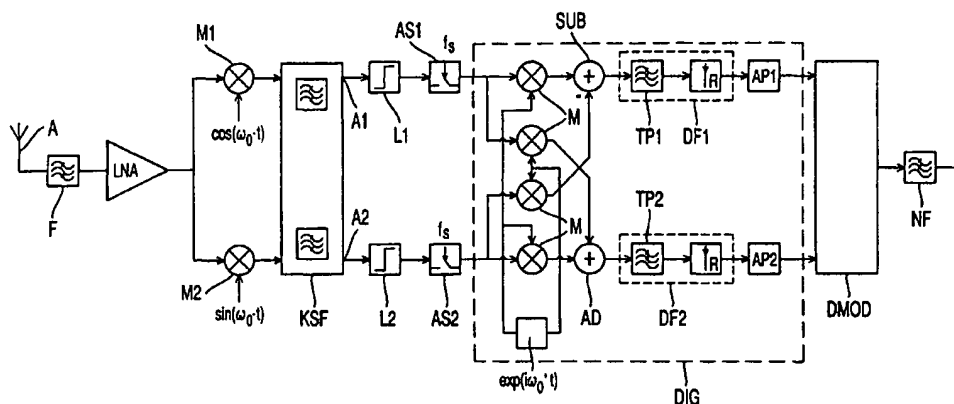
Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): HAMMES, Markus**

(54) **Title: RECEIVER CIRCUIT**

(54) **Bezeichnung: EMPFÄNGERSCHALTUNG**



(57) **Abstract:** A receiver circuit in a wireless communication system, comprising an analog signal processing section with a channel selection filter (KSF) and a digital signal processing section (DIG) which is arranged downstream thereof and provided with a group delay equalizer (AP1, AP2). The group delay equalizer (AP1, AP2) is used to eliminate signal distortion caused by the channel selection filter (KSF).

(57) **Zusammenfassung:** Eine Empfängerschaltung eines schnurlosen Kommunikationssystems weist einen analogen Signalverarbeitungsabschnitt mit einem Kanalselektionsfilter (KSF) und einen diesem nachgeschalteten digitalen Signalverarbeitungsabschnitt (DIG) mit einem Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) auf. Der Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) dient zur Entzerrung der durch das Kanalselektionsfilter (KSF) bewirkten Signalverzerrung.

WO 02/47279 A2

Beschreibung

Empfängerschaltung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Empfängerschaltung für ein schnurloses Kommunikationssystem, insbesondere für ein schnurloses Telefon, sowie ein Verfahren zum Verarbeiten eines empfangenen Signals in einem schnurlosen Kommunikationssystem.
- 10 Schnurlose digitale Kommunikationssysteme wie beispielsweise DECT, WDCT, Bluetooth, SWAP, WLAN IEEE802.11 benötigen zum drahtlosen Empfang der über die Luftschnittstelle gesendeten hochfrequenten Signale geeignete Empfänger, die in aufwands-
- 15 günstiger Weise dem Demodulator ein möglichst verzerrungsfreies Basisbandsignal liefern. Neben einer hohen Empfindlichkeit sind hierbei ein hoher Integrationsgrad, geringe Kosten, niedrige Stromaufnahme sowie Flexibilität hinsichtlich der Anwendbarkeit für verschiedene digitale Kommunikationssysteme erwünscht. Zur Ausnutzung der Vorteile der digitalen
- 20 Schaltungstechnik (keine Drifts, keine Alterung, keine Temperaturabhängigkeit, exakte Reproduzierbarkeit) wird dabei zumindest ein Teil der Empfängerschaltung in Form digitaler Signalverarbeitungselemente realisiert. Sowohl im analogen Signalverarbeitungsabschnitt (sogenanntes analoges Empfänger-
- 25 "Frontend") als auch im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt können dabei Signalverzerrungen auftreten, deren Charakteristik von den verwendeten (analogen und digitalen) Signalverarbeitungselementen abhängen. Derartige Signalverzerrungen reduzieren die Leistungseffizienz des Empfängers, d.h. sie beeinträchtigen die Empfindlichkeit bzw. die Reichweite des Empfängers bei vorgegebener Bitfehlerrate.
- 30 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Empfängerschaltung eines schnurlosen Kommunikationssystems zu schaffen, welche eine hohe Leistungseffizienz insbesondere für FSK-(Frequency Shift Keying-)modulierte Signale aufweist.

2

Darüber hinaus zielt die Erfindung darauf ab, ein Verfahren zum Verarbeiten eines empfangenen Signals in einem schnurlosen Kommunikationssystem anzugeben, welches eine Signalverarbeitung im Sinne einer hohen Leistungseffizienz ermöglicht.

5

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabenstellung wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

10 Durch den im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt enthaltenen Gruppenlaufzeitentzerrer wird die durch das (analoge) Kanalselektionsfilter bewirkte Gruppenlaufzeitverzerrung rückgängig gemacht bzw. kompensiert. Dadurch wird erreicht, daß das der weiteren Signalverarbeitung (insbesondere Demodulation) zugrundeliegende Signal befreit von Gruppenlaufzeitverzerrungen ist, wodurch eine vergleichsweise fehlerarme
15 Signaldemodulation ermöglicht wird.

Bei dem Gruppenlaufzeitentzerrer handelt es sich vorzugsweise um ein Allpassfilter.

20

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kennzeichnet sich dadurch, daß dem Gruppenlaufzeitentzerrer im Signalweg eine digitale Dezimationsfilterstufe vorgeschaltet ist, und daß der Gruppenlaufzeitentzerrer auch zur Entzerrung von
25 durch die digitale Dezimationsfilterstufe hervorgerufenen Signalverzerrungen ausgelegt ist. In diesem Fall werden also auch zusätzliche, im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt durch die Dezimationsfilterstufe bewirkte Gruppenlaufzeitverzerrungen berücksichtigt und vom Gruppenlaufzeitentzerrer
30 kompensiert.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Empfängerschaltung wird dadurch realisiert, daß im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt ferner ein Amplitudenentzerrer zur Entzerrung der
35 durch das Kanalselektionsfilter bewirkten Amplitudenverzerrungen enthalten ist. Da ein Gruppenlaufzeitentzerrer einen konstanten Betragsfrequenzgang aufweist (d.h. keine Amplitu-

denentzerrung durchführt), wird erst auf diese Weise auch die Amplitudenverzerrung des Kanalselektionsfilters kompensiert.

Die Wandlung des analogen Signals in ein digitales Signal
5 wird vorzugsweise über einen Limiter und einer in Überabta-
stung betriebenen Abtaststufe, insbesondere einem Ein-Bit-
Abtaster, realisiert. Hierdurch wird eine aufwandsarme Digi-
talisierung des analogen Signals erreicht. Die Herausfilte-
10 rung von durch die Nichtlinearität des Limiters hervorgerufe-
nen hochfrequenten Signalstörungen kann dabei durch die be-
reits erwähnte Dezimationsfilterstufe erfolgen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in
den Unteransprüchen angegeben.

15

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbei-
spiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert; in die-
ser Zeichnung zeigt:

20 Fig. 1 ein schematisches Schaltungsbild einer erfindungsge-
mäßigen Empfängerschaltung; und

Fig. 2 ein schematisches Schaltungsbild eines Allpassfil-
ters.

25

Fig. 1 zeigt in beispielhafter Weise den Aufbau einer erfin-
dungsgemäßen Empfangsschaltung, welche beispielsweise in
DECT, WDCT, Bluetooth, SWAP, WLAN IEEE802.11 (Frequenzsprung-
verfahren) eingesetzt werden kann.

30

Ein Funksignal wird von einer Antenne A aufgefangen und über
ein Eingangsfiler F einem rauscharmen Eingangsverstärker LNA
(Low Noise Amplifier) zugeführt. Der Eingangsverstärker LNA
verstärkt das hochfrequente Antennensignal mit einer ein-
35 stellbaren Verstärkung.

Nach der rauscharmen Verstärkung erfolgt eine Umsetzung des verstärkten Signals auf eine Zwischenfrequenz. Zu diesem Zweck wird das Ausgangssignal des rauscharmen Verstärkers LNA zwei Mischern M1 und M2 zugeführt. Die Mischer M1 und M2 werden in bekannter Weise unter einem Phasenversatz von 90° mit einer Mischfrequenz betrieben, welche von einem lokalen Oszillator (nicht dargestellt) abgeleitet ist. Die beiden zum Betreiben der Mischer M1 und M2 verwendeten Signale entsprechen in ihrer Zeitabhängigkeit $\cos(\omega_0 t)$ bzw. $\sin(\omega_0 t)$, wobei ω_0 die der Oszillatorfrequenz zugeordnete Kreisfrequenz und t die Zeit bezeichnen.

An den Ausgängen der Mischer M1 bzw. M2 stehen Inphase (I-) und Quadratur-(Q-)Signale in einer herabgesetzten Frequenzlage, im folgenden als Zwischenfrequenz (ZF) bezeichnet, bereit.

Die Ausgänge der beiden Mischer M1 und M2 werden einem I- bzw. einem Q-Signaleingang eines analogen, zur Spiegelfrequenzunterdrückung dienenden Kanalselektionsfilters KSF zugeführt. Mittels des Kanalselektionsfilters KSF wird ein bestimmter Frequenzkanal ausgewählt und dadurch das gewünschte Nutzsignal aus dem eingangsseitig anliegenden, breitbandigen Signal-Störsignal-Gemisch ausgewählt.

An zwei Ausgängen A1, A2 des Kanalselektionsfilters KSF werden die beiden I- und Q-Signalkomponenten mit der Bandbreite des Nutzkanals ausgegeben.

Der Ausgang A1 des Kanalselektionsfilters KSF ist mit einem Eingang eines ersten Limiters L1 verbunden und der Ausgang A2 steht mit einem Eingang eines zweiten, baugleichen Limiters L2 in Verbindung.

Die Ausgänge der Limiter L1 und L2 sind verbunden mit jeweiligen Eingängen einer ersten und einer zweiten Abtaststufe

5

AS1 bzw. AS2. Im Signalweg hinter den Abtaststufen AS1 und AS2 beginnt die digitale Signalverarbeitung.

Die Kombination aus Limiter (L1 bzw. L2) und Abtaststufe (AS1
5 bzw. AS2) repräsentiert einen Analog-Digital-Wandler der Wortbreite 1. Die Wirkungsweise dieser Kombination aus Limiter und Abtaststufe, d.h. L1, AS1 bzw. L2, AS2, ist wie folgt:

10 Der Limiter L1, L2 schneidet alle Eingangspegel oberhalb einer vorgegebenen Limiter-Pegelschwelle ab, d.h. er erzeugt im Abschneidebereich ein Ausgangssignal mit konstantem Signalpegel. Weist der Limiter L1, L2, wie im vorliegenden Fall, eine hohe Verstärkung und/oder eine niedrige Limiter-Pegelschwelle
15 auf, wird er praktisch ständig im Abschneide- oder Limiter-Bereich betrieben. Dadurch liegt am Ausgang des Limiters L1, L2 bereits ein wertediskretes (binäres), aber noch zeitkontinuierliches Signal vor. Die Nutzinformation der I- und Q-Signalkomponenten an den Ausgängen der Limiter L1 und L2 besteht in den nulldurchgängen dieser Signalkomponenten.
20

Durch die beiden als Ein-Bit-Abtaster realisierten Abtaststufen AS1, AS2 werden diese wertediskreten analogen Signalkomponenten mit einer Rate f_s abgetastet. Die Abtastung erfolgt
25 in Überabtastung bezogen auf die Kanalbandbreite (d.h. die Bandbreite des Signals hinter dem Kanalselektionsfilter KSF).

Beispielsweise kann die Kanalbandbreite 1 MHz betragen und die Abtastung mit $f_s = 104$ MHz erfolgen, d.h. es kann eine
30 Überabtastung um den Faktor 104 vorgenommen werden.

Ein Vorteil dieser Analog-Digital-Umsetzung besteht darin, daß durch den Limiter L1, L2 Amplitudenstörungen des Nutzsigs
nals unterdrückt werden.

6

Die digitalisierten I- und Q-Signalkomponenten werden einem digitalen Signalverarbeitungsabschnitt zugeführt, welcher in Fig. 1 mit DIG bezeichnet ist.

- 5 Der digitale Signalverarbeitungsabschnitt DIG umfaßt einen komplexen digitalen Mischer und ausgangsseitig des digitalen Mischers in jedem Signalzweig eine Dezimationsfilterkaskade DF1 bzw. DF2 sowie im Signalweg dahinter ein Allpassfilter AP1 bzw. AP2. Die Dezimationsfilterkaskaden DF1 und DF2 sowie
10 die Allpassfilter AP1 und AP2 sind jeweils baugleich.

- Die I- bzw. Q-Signalausgänge der Allpassfilter AP1, AP2 werden entsprechenden Eingängen eines geeigneten Demodulators DMOD zugeführt. Im allgemeinen Fall kann es sich bei dem De-
15 modulator DMOD um einen CPM-(Continuous Phase Modulation-) Demodulator handeln. Dieser schätzt aus den seinen Eingängen zugeführten Signalkomponenten, d.h. aus der Augenblicksphase oder der Augenblicksfrequenz dieser Signalkomponenten, die Datensymbole der übertragenen Datensymbolfolge.

- 20 Ausgangsseitig steht der Demodulator DMOD mit einem Filter NF in Verbindung, welches eine Nachfilterung der geschätzten Datensymbole durchführt.

- 25 Nachfolgend wird die Funktionsweise des in Fig. 1 dargestellten digitalen Signalverarbeitungsabschnitts DIG näher erläutert:

- Der digitale Mischer weist vier komplexe Multiplizierer M so-
30 wie einen Addierer AD und einen Subtrahierer SUB auf. Seine Aufgabe besteht darin, die empfangenen I- bzw. Q-Zwischenfrequenz-Signalkomponenten in das Basisband herunterzumischen. Hierzu werden die Multiplizierer M mit einem periodischen Signal $\exp(i\omega_0't)$ geeigneter Kreisfrequenz ω_0' betrieben.
35 Dabei bezeichnet i die imaginäre Einheit.

Hinter dem Subtrahierer SUB bzw. dem Addierer AD liegen jeweils Signale mit einer Wortbreite größer 1, z.B. mit einer Wortbreite von 6 oder 8, vor.

- 5 In der Dezimationsfilterkaskade DF1, DF2 werden die durch die Nichtlinearität des Limiters L1 bzw. L2 verursachten hochfrequenten Störungen herausgefiltert (hierzu weist jede Dezimationsfilterkaskade DF1 bzw. DF2 mindestens ein Tiefpassfilter TP1 bzw. TP2 auf) sowie die Abtastrate um den Faktor R auf
10 f_s/R reduziert. Beispielsweise kann $R = 8$ sein.

- An den Signalen mit reduzierter Abtastrate wird nun mittels der Allpassfilter AP1, AP2 jeweils eine Gruppenlaufzeitentzerrung vorgenommen. Die Übertragungsfunktion $H_{\text{equal}}(z)$ der
15 Allpassfilter AP1, AP2 wird dabei so gewählt, daß die von dem Kanalselektionsfilter KSF hervorgerufene Gruppenlaufzeitverzerrung (d.h. die Verzerrung derjenigen Signalgröße, welche durch die zeitliche Ableitung der Signalphase gegeben ist; diese wird bekanntlich als Gruppenlaufzeit bezeichnet) kompensiert wird. Zusätzlich ist es möglich, durch Einstellen
20 einer entsprechend geänderten Übertragungsfunktion $H_{\text{equal}}(z)$ auch die von dem digitalen Dezimationsfiltern DF1, DF2 bewirkte Gruppenlaufzeitverzerrung bei der Entzerrung durch die Allpassfilter AP1 bzw. AP2 mit zu berücksichtigen.

- 25 Optional können zum Zwecke einer Amplitudenentzerrung hinter den Allpassfiltern AP1, AP2 jeweils ein Amplitudenentzerrer (nicht dargestellt) angeordnet sein. Dadurch können auch durch das Kanalselektionsfilter KSF bewirkte Verzerrungen im
30 Betrag des Signals kompensiert werden.

- Fig. 2 zeigt ein spezielles Ausführungsbeispiel des Allpassfilters AP1, AP2. Dieses als solches bekannte Filter weist eingangs- und ausgangsseitig jeweils einen Addierer AD1, AD2
35 auf, wobei im Signalweg zwischen den beiden Addierern AD1, AD2 ein Verzögerungsglied T mit einer Signalverzögerung von M Abtasttakten angeordnet ist (z^{-1} bezeichnet die z-Transfor-

mierte einer Verzögerung um einen Abtasttakt). Das am Ausgang
des Verzögerungsglieds T anliegende Signal wird über einen
ersten Multiplizierer MU1 mit dem Multiplikator g zu dem ein-
gangsseitigen Addierer AD1 zurückgeführt und das am Ausgang
5 des eingangsseitigen Addierers AD1 bereitgestellte Signal
wird von einem zweiten Multiplizierer MU2 mit dem Multiplika-
tor $-g$ multipliziert und dem ausgangsseitigen Addierer AD2
zugeleitet. Die Charakteristik des Allpassfilters kann durch
die Wahl von g und M in gewünschter Weise eingestellt werden.
10 Die Übertragungsfunktion dieses Allpassfilters lautet:

$$H_{\text{equal}}(z) = (z^{-M} - g) / (1 - gz^{-M})$$

Darüber hinaus können kaskadenförmige Allpassfilter mit einer
15 Vielzahl von Filterkoeffizienten eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Empfängersschaltung eines schnurlosen Kommunikationssystems, mit einem analogen Signalverarbeitungsabschnitt und
5 einem diesen nachgeschalteten digitalen Signalverarbeitungsabschnitt (DIG), wobei
 - im analogen Signalverarbeitungsabschnitt ein Kanalselektionsfilter (KSF) enthalten ist, und
 - im digitalen Signalverarbeitungsabschnitt (DIG) ein Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) zur Entzerrung zumindest
10 der durch das Kanalselektionsfilter (KSF) bewirkten Signalverzerrung vorgesehen ist.
2. Empfängersschaltung nach Anspruch 1,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 - daß der Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) ein Allpassfilter ist.
3. Empfängersschaltung nach Anspruch 1 oder 2,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 - daß dem Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) im Signalweg eine digitale Dezimationsfilterstufe (DF1, DF2) vorgeschaltet ist, und
 - daß der Gruppenlaufzeitentzerrer (AP1, AP2) auch zur Entzerrung von durch die digitale Dezimationsfilterstufe (DF1,
25 DF2) hervorgerufenen Signalverzerrungen ausgelegt ist.
4. Empfängersschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
 - daß in dem digitalen Signalverarbeitungsabschnitt (DIG) ferner ein Amplitudenentzerrer zur Entzerrung der durch das Kanalselektionsfilter (KSF) bewirkten Signalverzerrung enthalten ist.
- 35 5. Empfängersschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß der analoge und der digitale Signalverarbeitungsabschnitt über einen Limiter (L1, L2) und einer in Überabtastung betriebenen Abtaststufe (AS1, AS2) gekoppelt sind.

5

6. Empfängersschaltung nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß die Abtaststufe (AS1, AS2) ein digitales Ausgangssignal der Wortbreite 1 erzeugt.

10

7. Empfängersschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß das Kommunikationssystem eine FSK-Modulation einsetzt.

15

8. Verfahren zum Verarbeiten eines empfangenen Signals in einem schnurlosen Kommunikationssystem, mit den Schritten:

- Durchführen einer Kanalselektion mittels eines analogen Kanalselektionsfilters (KSF), und

- 20 - Entzerren der durch das Kanalselektionsfilter (KSF) bewirkten Signalverzerrung mittels eines digitalen Gruppenlaufzeitentzerrers (AP1, AP2).

9. Verfahren nach Anspruch 8,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß im Signalweg vor der Gruppenlaufzeitentzerrung eine Filterung und Dezimation vorgenommen wird, und
- daß die Gruppenlaufzeitentzerrung auch eine Entzerrung von durch die Filterung und Dezimation hervorgerufenen Signalverzerrungen berücksichtigt.

30

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß zur Entzerrung der durch das Kanalselektionsfilter (KSF) bewirkten Signalverzerrung ferner eine Amplitudenentzerrung vorgenommen wird.

35

11

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
- daß zur Digitalisierung des empfangenen Signals eine Sig-
nallimitierung und eine Überabtastung des limitierten Sig-
5 nals vorgenommen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
- daß bei der Überabtastung ein Signal der Wortbreite 1 er-
10 zeugt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
- daß das empfangene Signal FSK-moduliert ist.

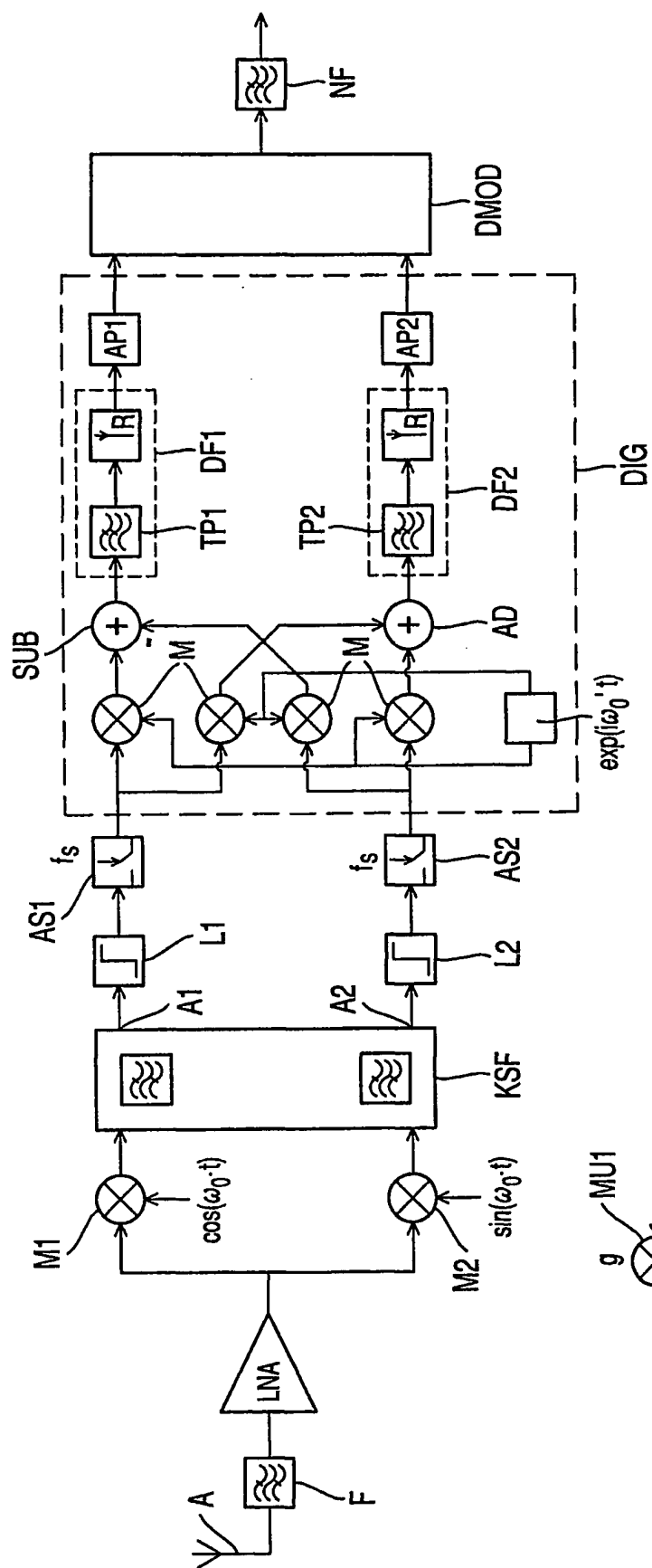


Fig. 1

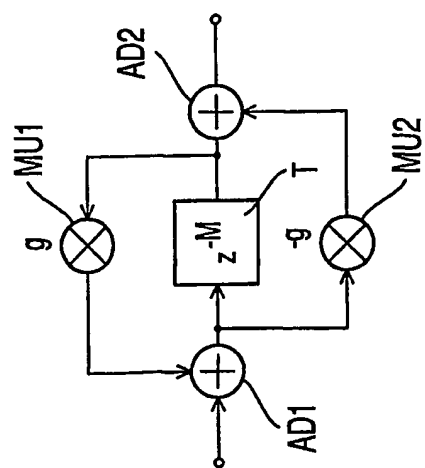


Fig. 2